

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年 8月23日

出願番号

Application Number:

特願2000-251768

出願人

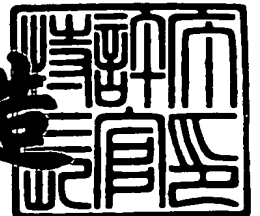
Applicant(s):

日本電気株式会社

2001年 6月12日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3055032

【書類名】 特許願

【整理番号】 45701604

【提出日】 平成12年 8月23日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 10/08

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 道下 幸雄

【特許出願人】

    【識別番号】 000004237

    【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100088812

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 ▲柳▼川 信

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 030982

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光伝送路監視システム及びその監視装置及びその監視方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 波長多重光伝送システムの信号波長とは異なる波長を伝送路監視用のプローブ光に割当てて光伝送路を監視するようにした光伝送路監視システムであって、前記光伝送路を構成する光ファイバの監視用プローブ光として、前記光伝送路の波長分散が負となる波長を割当て、前記光伝送路を構成する光中継器の監視用プローブ光として、前記光伝送路の波長分散が正となる波長を割当てたことを特徴とする光伝送路監視システム。

【請求項 2】 前記光ファイバの監視用プローブ光には、前記光伝送路の零分散波長の短波長側の波長を割当て、前記光中継器の監視用プローブ光には、長波長側の波長を割当てたことを特徴とする請求項 1 記載の光伝送路監視システム。

【請求項 3】 前記光伝送路の一方向回線と他方向回線とにおいて、前記プローブ光に互いに異なる波長を割当てたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光伝送路監視システム。

【請求項 4】 前記光ファイバ及び光中継器の各監視用プローブ光を夫々発生するプローブ光発生手段と、前記プローブ光を信号光と多重化して前記光伝送路の一方向回線へ送出する多重化手段と、前記プローブ光の前記光伝送路の他方向回線からの戻り光を検波する検波手段とを含み、この検波結果に基づき前記光伝送路の監視をなすことを特徴とする請求項 1 ～ 3 いずれか記載の光伝送路監視システム。

【請求項 5】 前記検波手段は、前記他方向回線からの前記光ファイバの監視用プローブ光の戻り光を光ヘテロダイン検波方式により検波するヘテロダイン検波回路を有することを特徴とする請求項 4 記載の光伝送路監視システム。

【請求項 6】 前記検波回路は、前記プローブ発生手段からの前記光ファイバの監視用プローブ光の分波光と前記戻り光とのビート成分を検出するようにしたことを特徴とする請求項 5 記載の光伝送路監視システム。

【請求項 7】 前記検波手段は、前記他方向回線からの前記光中継器の監視用プローブ光の戻り光を直接検波方式により検波する直接検波回路を有することを特徴とする請求項 4 ～ 6 いずれか記載の光伝送路監視システム。

【請求項 8】 前記光伝送路は前記光ファイバと前記光中継器とが多段継続接続されており、前記光中継器の各出力には光カプラが設けられており、前記光伝送路の一方向回線のこれ等光カプラによる各段の分岐出力は、他方向回線の対応する各段の光カプラへそれぞれ入力されていることを特徴とする請求項 1 ～ 7 いずれか記載の光伝送路監視システム。

【請求項 9】 前記光中継器の各出力には、前記光中継器の監視用プローブ光を選択的に反射して前記光カプラへ入力する反射手段が夫々設けられていることを特徴とする請求項 8 記載の光伝送路監視システム。

【請求項 10】 前記プローブ光発生手段の前記光ファイバ及び光中継器の各監視用プローブ光を択一的に選択して前記光伝送路へ供給し、前記光ファイバ及び光中継器の各監視を時分割的になす手段を、更に含むことを特徴とする請求項 4 ～ 9 記載の光伝送路監視システム。

【請求項 11】 波長多重光伝送システムの信号波長とは異なる波長を伝送路監視用のプローブ光に割当てて光伝送路を監視するようにした光伝送路監視装置であって、前記光伝送路を構成する光ファイバの監視用プローブ光として、前記光伝送路の波長分散が負となる波長の光を発生する第一のプローブ光発生手段と、前記光伝送路を構成する光中継器の監視用プローブ光として、前記光伝送路の波長分散が正となる波長の光を発生する第二のプローブ光発生手段とを含むことを特徴とする光伝送路監視装置。

【請求項 12】 前記光ファイバの監視用プローブ光には、前記光伝送路の波長分散が負となる波長を割当て、前記光中継器の監視用プローブ光には、前記波長分散が正となる波長を割当てたことを特徴とする請求項 11 記載の光伝送路監視装置。

【請求項 13】 前記光ファイバの監視用プローブ光には、前記光伝送路の零分散波長の短波長側の波長を割当て、前記光中継器の監視用プローブ光には、長波長側の波長を割当てたことを特徴とする請求項 12 記載の光伝送路監視装置

【請求項 1 4】 前記光伝送路の一方向回線と他方向回線とにおいて、前記プローブ光に互いに異なる波長を割当てたことを特徴とする請求項 1 1 ～ 1 3 いずれか記載の光伝送路監視装置。

【請求項 1 5】 前記光伝送路は前記光ファイバと前記光中継器とが多段継続接続されており、前記光中継器の各出力には光カプラが設けられており、前記光伝送路の一方向回線のこれ等光カプラによる各段の分岐出力は、他方向回線の対応する各段の光カプラへそれぞれ入力されており、

前記プローブ光を前記光伝送路の一方向回線へ送出した後の他方向回線からの戻り光を検波する検波手段を、更に含み、

この検波結果に基づき前記光伝送路の監視をなすことを特徴とする請求項 1 1 ～ 1 4 いずれか記載の光伝送路監視装置。

【請求項 1 6】 前記検波手段は、前記他方向回線からの前記光ファイバの監視用プローブ光の戻り光を光ヘテロダイン検波方式により検波するヘテロダイン検波回路を有することを特徴とする請求項 1 5 記載の光伝送路監視装置。

【請求項 1 7】 前記検波回路は、前記第一のプローブ光発生手段からの前記光ファイバの監視用プローブ光の分波光と前記戻り光とのビート成分を検出するようにしたことを特徴とする請求項 1 6 記載の光伝送路監視装置。

【請求項 1 8】 前記光伝送路の前記光中継器の各出力には、前記光中継器の監視用プローブ光を選択的に反射して前記光カプラへ入力する反射手段が夫々設けられており、

前記検波手段は、前記他方向回線からの前記光中継器の監視用プローブ光の戻り光を直接検波方式により検波する直接検波回路を有することを特徴とする請求項 1 5 ～ 1 7 いずれか記載の光伝送路監視装置。

【請求項 1 9】 前記第一及び第二のプローブ光発生手段の各プローブ光を択一的に選択して前記光伝送路へ供給し、前記光ファイバ及び光中継器の各監視を時分割的になす手段を、更に含むことを特徴とする請求項 1 1 ～ 1 8 記載の光伝送路監視装置。

【請求項 2 0】 波長多重光伝送システムの信号波長とは異なる波長を伝送

路監視用のプローブ光に割当てて光伝送路を監視するようにした光伝送路監視方法であって、前記光伝送路を構成する光ファイバの監視用プローブ光として、前記光伝送路の波長分散が負となる波長を割当て、前記光伝送路を構成する光中継器の監視用プローブ光として、前記光伝送路の波長分散が正となる波長を割当てるステップを含むことを特徴とする光伝送路監視方法。

【請求項 2 1】 前記光ファイバの監視用プローブ光には、前記光伝送路の零分散波長の短波長側の波長を割当て、前記光中継器の監視用プローブ光には、長波長側の波長を割当てたことを特徴とする請求項 2 0 記載の光伝送路監視方法。

【請求項 2 2】 前記光伝送路の一方向回線と他方向回線とにおいて、前記プローブ光に互いに異なる波長を割当てたことを特徴とする請求項 2 0 または 2 1 記載の光伝送路監視方法。

【請求項 2 3】 前記光伝送路は前記光ファイバと前記光中継器とが多段継続接続されており、前記光中継器の各出力には光カプラが設けられており、前記光伝送路の一方向回線のこれ等光カプラによる各段の分岐出力は、他方向回線の対応する各段の光カプラへそれぞれ入力されており、

前記光ファイバの監視用プローブ光を発生するステップと、

このプローブ光を信号光と波長多重して前記光伝送路の一方向回線へ送出するステップと、

前記光伝送路の他方向回線からの戻り光を検波する検波ステップとを含み、

この検波結果に基づき前記光ファイバの監視をなすことを特徴とする請求項 2 0 ～ 2 2 いずれか記載の光伝送路監視方法。

【請求項 2 4】 前記検波ステップは、前記他方向回線からの戻り光を光ヘテロダイン検波方式にて検波するようにしたことを特徴とする請求項 2 3 記載の光伝送路監視方法。

【請求項 2 5】 前記検波ステップは、前記第一のプローブ光発生手段からの前記光ファイバの監視用プローブ光の分波光と前記戻り光とのビート成分を検出するようにしたことを特徴とする請求項 2 4 記載の光伝送路監視方法。

【請求項 2 6】 前記光伝送路の前記光中継器の各出力には、前記光中継器

の監視用プローブ光を選択的に反射して前記光カプラへ入力する反射手段が夫々設けられており、

前記光中継器の監視用プローブ光を発生するステップと、

このプローブ光を信号光と波長多重して前記光伝送路の一方向回線へ送出するステップと、

前記光伝送路の他方向回線からの戻り光を検波する検波ステップとを含み、

この検波結果に基づき前記光ファイバの監視をなすことを特徴とする請求項 2 0 ~ 2 5 いずれか記載の光伝送路監視方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は光伝送路監視システム及びその装置並びにその監視方法に関し、特に波長多重光伝送システムにおいて、光伝送路を構成する光ファイバや光中継器の状況監視を、O T D R (OPTICAL TIME DOMAIN REFLECTOMETER) のプローブ光を使用して行うようにした光伝送路監視方式に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

現在、大容量、長距離通信の技術として、光増幅中継器を用いた波長多重伝送(WDM伝送)伝送システムが盛んに実用化されており、実際のシステムにおいて障害が発生した場合の早期システム復帰のためには、障害点評定は非常に重要であり、障害点評定として I T U - T G 9 7 7 にも、長距離光ファイバシステムにおいて C O T D R (コヒーレント O T D R) が勧告されている。

【0 0 0 3】

かかる O T D R を使用した長距離の波長多重光伝送路監視方式に関する技術として、種々の技術が提案されている。例えば、特開平 8 - 1 8 1 6 5 6 号公報、特開平 1 1 - 2 6 6 2 0 5 号公報、特開 2 0 0 0 - 3 1 9 0 7 号公報及び特開 2 0 0 0 - 5 9 3 0 6 号公報等がある。これ等いずれの技術においても、伝送路監視用プローブ光として、信号光とは波長が異なる波長を有する光を使用して、信号光に与える影響をできるだけ小としていわゆるインサービス状態にあっても、



伝送路の監視を行えるようにしたものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ここで、光伝送路は、一般に、光ファイバと光中継器とが対となってこれ等が多段縦続接続された構成であり、よって、光伝送路の主要構成要素は、光ファイバ及び光中継器である。そこで、光伝送路を監視するためには、その主要構成要素である光ファイバ及び光中継器の両者を、効率良く監視することが必要であるにもかかわらず、上述した従来技術の全てにおいては、光ファイバと光中継器とを区別することなく、光伝送路として包括的に把握して光伝送路監視をなす構成を提案しているに止どまっている。

【0005】

しかるに、光ファイバと光中継器とは、伝送路特性がそれぞれ相違するものであり、よって、これ等伝送路特性を考慮した効率の良い光伝送路監視方式の提供が望まれるところである。

【0006】

本発明の目的は、光ファイバと光中継器との監視をそれ等の各伝送路特性を考慮して、互いに異なる波長のOTDRプローブ光を使用しつつ効果的に監視可能とした光伝送路監視システム及びその監視装置並びにその監視方法を提供することである。

【0007】

本発明の他の目的は、信号光が存在しているいわゆるインサービス状態においても、信号光に影響を与えることなく効果的に光ファイバと光中継器との監視が可能な光伝送路監視システム及びその監視装置並びにその監視方法を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、波長多重光伝送システムの信号波長とは異なる波長を伝送路監視用のプローブ光に割当てて光伝送路を監視するようにした光伝送路監視システムであって、前記光伝送路を構成する光ファイバの監視用プローブ光として、

前記光伝送路の波長分散が負となる波長を割当て、前記光伝送路を構成する光中継器の監視用プローブ光として、前記光伝送路の波長分散が正となる波長を割当てたことを特徴とする光伝送路監視システムが得られる。

## 【0009】

そして、前記光ファイバの監視用プローブ光には、前記光伝送路の零分散波長の短波長側の波長を割当て、前記光中継器の監視用プローブ光には、長波長側の波長を割当てたことを特徴とし、また前記光伝送路の一方向回線と他方向回線とにおいて、前記プローブ光に互いに異なる波長を割当てたことを特徴とする。

## 【0010】

また、前記光ファイバ及び光中継器の各監視用プローブ光を夫々発生するプローブ光発生手段と、前記プローブ光を信号光と多重化して前記光伝送路の一方向回線へ送出する多重化手段と、前記プローブ光の前記光伝送路の他方向回線からの戻り光を検波する検波手段とを含み、この検波結果に基づき前記光伝送路の監視をなすことを特徴とする。

## 【0011】

そして、前記検波手段は、前記他方向回線からの前記光ファイバの監視用プローブ光の戻り光を光ヘテロダイン検波方式により検波するヘテロダイン検波回路を有することを特徴とし、前記検波回路は、前記プローブ発生手段からの前記光ファイバの監視用プローブ光の分波光と前記戻り光とのビート成分を検出するようにしたことを特徴とする。また、前記検波手段は、前記他方向回線からの前記光中継器の監視用プローブ光の戻り光を直接検波方式により検波する直接検波回路を有することを特徴とする。

## 【0012】

また、前記光伝送路は前記光ファイバと前記光中継器とが多段継続接続されており、前記光中継器の各出力には光カプラが設けられており、前記光伝送路の一方向回線のこれ等光カプラによる各段の分岐出力は、他方向回線の対応する各段の光カプラへそれぞれ入力されていることを特徴とし、前記光中継器の各出力には、前記光中継器の監視用プローブ光を選択的に反射して前記光カプラへ入力する反射手段が夫々設けられていることを特徴とする。

## 【 0 0 1 3 】

そして、前記プローブ光発生手段の前記光ファイバ及び光中継器の各監視用プローブ光を択一的に選択して前記光伝送路へ供給し、前記光ファイバ及び光中継器の各監視を時分割的になす手段を、更に含むことを特徴とする。

## 【 0 0 1 4 】

本発明によれば、波長多重光伝送システムの信号波長とは異なる波長を伝送路監視用のプローブ光に割当てて光伝送路を監視するようにした光伝送路監視装置であって、前記光伝送路を構成する光ファイバの監視用プローブ光として、前記光伝送路の波長分散が負となる波長の光を発生する第一のプローブ光発生手段と、前記光伝送路を構成する光中継器の監視用プローブ光として、前記光伝送路の波長分散が正となる波長の光を発生する第二のプローブ光発生手段とを含むことを特徴とする光伝送路監視装置が得られる。

## 【 0 0 1 5 】

また、前記光伝送路は前記光ファイバと前記光中継器とが多段継続接続されており、前記光中継器の各出力には光カプラが設けられており、前記光伝送路の一方向回線のこれ等光カプラによる各段の分岐出力は、他方向回線の対応する各段の光カプラへそれぞれ入力されており、前記プローブ光を前記光伝送路の一方向回線へ送出した後の他方向回線からの戻り光を検波する検波手段を、更に含み、この検波結果に基き前記光伝送路の監視をなすことを特徴とする。

## 【 0 0 1 6 】

そして、前記検波手段は、前記他方向回線からの前記光ファイバの監視用プローブ光の戻り光を光ヘテロダイン検波方式により検波するヘテロダイン検波回路を有することを特徴とし、前記検波回路は、前記第一のプローブ光発生手段からの前記光ファイバの監視用プローブ光の分波光と前記戻り光とのビート成分を検出するようにしたことを特徴とする。

## 【 0 0 1 7 】

また、前記光伝送路の前記光中継器の各出力には、前記光中継器の監視用プローブ光を選択的に反射して前記光カプラへ入力する反射手段が夫々設けられており、前記検波手段は、前記他方向回線からの前記光中継器の監視用プローブ光の

戻り光を直接検波方式により検波する直接検波回路を有することを特徴とし、前記第一及び第二のプローブ光発生手段の各プローブ光を択一的に選択して前記光伝送路へ供給し、前記光ファイバ及び光中継器の各監視を時分割的になす手段を、更に含むことを特徴とする。

## 【 0 0 1 8 】

本発明によれば、波長多重光伝送システムの信号波長とは異なる波長を伝送路監視用のプローブ光に割当てて光伝送路を監視するようにした光伝送路監視方法であって、前記光伝送路を構成する光ファイバの監視用プローブ光として、前記光伝送路の波長分散が負となる波長を割当て、前記光伝送路を構成する光中継器の監視用プローブ光として、前記光伝送路の波長分散が正となる波長を割当てるステップを含むことを特徴とする光伝送路監視方法が得られる。

## 【 0 0 1 9 】

そして、前記光伝送路は前記光ファイバと前記光中継器とが多段継続接続されており、前記光中継器の各出力には光カプラが設けられており、前記光伝送路の一方向回線のこれ等光カプラによる各段の分岐出力は、他方向回線の対応する各段の光カプラへそれぞれ入力されており、前記光ファイバの監視用プローブ光を発生するステップと、このプローブ光を信号光と波長多重して前記光伝送路の一方向回線へ送出するステップと、前記光伝送路の他方向回線からの戻り光を検波する検波ステップとを含み、この検波結果に基づき前記光ファイバの監視をなすことを特徴とする。

## 【 0 0 2 0 】

また、前記検波ステップは、前記他方向回線からの戻り光を光ヘテロダイン検波方式にて検波するようにしたことを特徴とし、また前記検波ステップは、前記第一のプローブ光発生手段からの前記光ファイバの監視用プローブ光の分波光と前記戻り光とのビート成分を検出するようにしたことを特徴とする。

## 【 0 0 2 1 】

また、前記光伝送路の前記光中継器の各出力には、前記光中継器の監視用プローブ光を選択的に反射して前記光カプラへ入力する反射手段が夫々設けられており、前記光中継器の監視用プローブ光を発生するステップと、このプローブ光を

信号光と波長多重して前記光伝送路の一方向回線へ送出するステップと、前記光伝送路の他方向回線からの戻り光を検波する検波ステップとを含み、この検波結果に基づき前記光ファイバの監視をなすことを特徴とする。

## 【 0 0 2 2 】

本発明の作用を述べる。光ファイバにおいては、非線形光学効果が大であり、特に波長分散が正となる領域では、この非線形光学効果による光の劣化が著しくなり、例えば、2 0 0 0 k m以上の長距離伝送では、光スペクトルの位相ノイズが著しく増加してしまい、雑音に埋もれてしまうが、一方、波長分散が負となる波長領域では、位相ノイズがほとんど増加しないという事実に基いて、光ファイバ監視用のプローブ光の波長を、光伝送路の波長分散が負となる領域（通常は、光伝送路の零分散波長の短波長側）を割当てるのである。

## 【 0 0 2 3 】

この光ファイバ監視用プローブ光を所定方式で変調し、光伝送路の一方向回線へ信号光と多重化して送出し、他方向回線からの戻り光を光受信器で受信し検波して光ファイバの監視をなすのであるが、この検波方式として、送信したプローブ光と受信光との周波数差であるビート成分を検出する光ヘテロダイン検波方式を採用することにより、検波効率が向上するので、たとえ非線形光学効果や光中継器より発生するA S E (Amplified Spontaneous Emission) 雑音光の累積によりS/Nが劣化しても、効果的な光ファイバの監視が可能となる。

## 【 0 0 2 4 】

これに対して、光中継器では、一般的に使用されるCバンド帯（1 5 3 5 ~ 1 5 6 5 n m）の波長多重光伝送システムの場合、1 5 4 5 n m付近では、入力パワーが低下しても、出力はほとんど変化しないので、入力パワーの変化を検出することは極めて困難であるが、当該Cバンド帯の長波長側では入力パワーの変化に対して弁別感度が高いという事実がある。よって、光中継器の監視用プローブ光を、光ファイバのそれとは反対の長波長側（すなわち、光伝送路の波長分散が負となる領域とは反対側の正となる領域）に割当てるのである。

## 【 0 0 2 5 】

この光中継器監視用プローブ光を所定方式で変調し、光伝送路の一方向回線へ

信号光と多重化して送出し、他方向回線からの戻り光を光受信器で受信し検波して光ファイバの監視をなすのであるが、この検波方式として、非線形光学効果の影響をほとんど受けない直接検波方式を採用することで、光中継器の監視が効率的に行えるのである。

【 0 0 2 6 】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明を図面を用いて説明する。図 1 は本発明に基づいて構成した光伝送路監視システムの一実施例のブロック図である。図 1 を参照すると、本実施例は、上り回線用の光伝送路監視装置 1 と、上り及び下り回線を有する光伝送路 2 と、下り回線用の光伝送路監視装置 3 と、上り回線用の信号光源 4 と、この信号光源 4 からの信号光と上り回線用の光伝送路監視装置 1 からの光ファイバ監視用プローブ光 1 1 1 または光中継器監視用プローブ光 1 1 2 とを波長多重する波長多重器 5 と、下り回線用の信号光源 6 と、この信号光源 6 からの信号光と下り回線用の光伝送路監視装置 3 からの光ファイバ監視用プローブ光または光中継器監視用プローブ光とを波長多重する波長多重器 7 とを含んでいる。

【 0 0 2 7 】

上り回線用の光伝送路監視装置 1 の送信部は、二つの OTDR 用のプローブ光源 1 1 および 1 2 と、それらの発振光を合波分岐する光ファイバカプラ 1 3 と、その分岐された発振光の一部を強度変調する光変調器 1 4 より構成される。ここで、プローブ光源 1 1 は光ファイバの監視用に使用され、プローブ光 1 2 は光中継器の監視用に使用される。

【 0 0 2 8 】

また、光伝送路監視装置 1 の受信部は、光伝送路 2 からの入力光の受信先を選択する光スイッチ 1 7 と、光ヘテロダイン検波方式光受信器 1 5 と直接検波方式光受信器 1 6 からなる 2 系統の光受信器と、信号処理部 1 8 と、表示部 1 9 とにより構成されている。

【 0 0 2 9 】

光ヘテロダイン検波方式光受信器 1 5 は、光ファイバカプラ 1 5 1 と、光受光器 1 5 2 と、電気アンプ 1 5 3 と、ローパスフィルタ 1 5 4 とにより構成されて

いる。ここで、光ファイバカプラ 1 5 1 の分岐ポートと光ファイバカプラ 1 3 の分岐ポートとは接続されているものとする。また、直接検波方式光受信器 1 6 は、波長可変光フィルタ 1 6 1 と、光受光器 1 6 2 と、電気アンプ 1 6 3 と、ローパスフィルタ 1 6 4 とにより構成されている。

## 【 0 0 3 0 】

異なる複数の波長を持つ信号光源 4 からの光信号と光伝送路監視装置 1 からのプローブ光とは波長多重器 5 で波長多重されて、光伝送路 2 に送出される。光伝送路 2 は上り回線と下り回線とにより構成されており、上り回線は光中継器 2 2 と光ファイバ 2 1 との組み合わせが、多段に縦続接続されて構成されており、下り回線は光中継器 2 6 と光ファイバ 2 5 の組み合わせが、同様に多段に縦続接続されて構成されている。

## 【 0 0 3 1 】

各光中継器 2 2 および 2 6 の出力部には光ファイバカプラ 2 3 および 2 7 が配置され、その出力光の一部が分岐される。光ファイバカプラ 2 3 と 2 7 との分岐ポートには、波長選択型反射デバイス 2 4 および 2 8 が接続される。ここで、波長選択型反射デバイス 2 4 の反射中心波長はプローブ光源 1 2 の波長に一致させてあり、波長選択型反射デバイス 2 8 の反射中心波長はプローブ光源 3 2 の波長に一致させてある。更に、光ファイバカプラ 2 3 と 2 7 との分岐ポートとは接続されている。

## 【 0 0 3 2 】

下り回線用の光伝送路監視装置 3 は上り回線用の光伝送路監視装置 1 と同様の構成となっているものとし、その構成は図 2 に示しているが、その詳細説明は、図 1 の光伝送路監視装置 1 と同一であるので、省略する。

## 【 0 0 3 3 】

図 3 は光伝送路 2 の伝送距離に対する波長分散値を示しており、信号波長  $\lambda_1$  ~  $\lambda_{16}$  の 16 波長の各々についてのものである。本実施例では、光ファイバ 2 1 および 2 5 にはノン零分散シフトファイバ (1 5 5 0 nm における波長分散  $-2 \text{ ps/nm/km}$ 、高次波長分散  $0.07 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ ) と  $1.3 \mu\text{m}$  零分散ファイバ (1 5 5 0 nm における波長分散  $+20 \text{ ps/nm/km}$ 、高次

波長分散  $0.05 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ ) を使用している。その使用比率は 11 中継区間を一組とし、10 中継区間をノン零分散シフトファイバ、1 中継区間を  $1.3 \mu\text{m}$  零分散ファイバとしている。

## 【0034】

図4は光伝送路2の高次波長分散により生じた光伝送路全長での波長分散の波長依存性を示したものである。波長分散は  $1550 \text{ nm}$  で丁度零になっている。本実施例では、光伝送路全長での零分散波長である  $1550 \text{ nm}$  より短い波長では波長分散の値が負に、長い波長では正の値になっている。

## 【0035】

図5は本実施例の信号光波長およびプローブ光波長の配置を示したものである。信号光波長は  $1540.16 \text{ nm}$  から  $1559.79 \text{ nm}$  の範囲内で  $100 \text{ GHz}$  間隔ITU-T勧告の波長グリッド上に配置されている。上り回線用の光伝送路監視装置1のプローブ光源11の波長と下り回線用の光伝送路監視装置3のプローブ光源31の波長はITU-T勧告の波長グリッド  $1539.37 \text{ nm}$  を中心に、それぞれ  $+0.1 \text{ nm}$  /  $-0.1 \text{ nm}$  ずらした波長  $1539.27 \text{ nm}$  と  $1539.47 \text{ nm}$  に設定されている。

## 【0036】

また、プローブ光源12の波長は  $1561.01 \text{ nm}$ 、プローブ光源32の波長は  $1561.83 \text{ nm}$  に設定されている。ここで、光ファイバ監視用のプローブ光源11と31は、図4に示す波長分散が負となる領域(斜線部)に設定すれば良く、特にその波長を限定するものではないが、光中継器の利得帯域内なるべく光伝送路全長の零分散波長から離れた波長に設定の方が好ましい。

## 【0037】

また、プローブ光源11と31は、その波長間隔として  $0.1 \text{ nm}$  以上離して設定すれば、特にその波長を限定するものではない。さらに、光中継器監視用のプローブ光源12と32は  $1550 \text{ nm}$  よりも長波長側に設定すれば、特にその波長を限定するものではないが、光中継器の利得帯域内なるべく長波長側に設定の方が好ましい。

## 【0038】



次に実施例の動作について説明する。まず、上り回線の光ファイバを監視する場合について、図6のフローチャートを参照しつつ説明する。光ファイバを監視する場合、光スイッチ17がa側に切換えられ（ステップS1）、光伝送路監視装置1のプローブ光源11が点灯し、プローブ光源12が消灯する（ステップS2）。プローブ光源11からの発振光は光ファイバカプラ13で2分岐され、一方が光ヘテロダイン検波方式光受信器15に、もう一方が光変調器14に入力される。

## 【0039】

光変調器14に入力された発振光は短パルスのプローブ光111に強度変調される（ステップS3）。このプローブ光111は波長多重器5で異なる複数の波長を持つ信号光源4の信号光と合波された後、光伝送路2に送出される（ステップS4）。プローブ光111は光伝送路2の光ファイバ21と光中継器22により減衰と増幅を繰り返しながら、伝送されていく。各中継スパンの光ファイバ21において、プローブ光111はレイリー散乱効果により、一部が送信側へと反射される。このレイリー散乱効果により反射されたプローブ光111は光ファイバカプラ23に入射され、光ファイバカプラ27を介して下り回線へ送出される。

## 【0040】

下り回線に送出されたプローブ光111は下り光伝送路を伝送した後、光伝送路監視装置1に入力される。さらに、プローブ光111は光スイッチ17で光ヘテロダイン検波方式光受信器15が選択されて受信される。光ヘテロダイン検波方式光受信器15においては、プローブ光111は、光ファイバカプラ151で、送信部の光ファイバカプラ13で分岐されたプローブ光源11の発振光と合波され、受光器152で光ヘテロダイン検出されて、プローブ光111の強度情報を持った差周波数（ビート）信号に変換される（ステップS5）。

## 【0041】

ここで、光受信器152は受光素子であるので、この受光素子の非線形特性により、光ファイバカプラ151で合波された2光の周波数の差成分を、図示せぬバンドパスフィルタにより選択的に導出することで、光ヘテロダイン検波が可能

である。

#### 【 0 0 4 2 】

光電変換されたプローブ光 1 1 1 の差周波数信号は電気アンプ 1 5 3 で増幅され（ステップ S 6）、ローパスフィルタ 1 5 4 で雑音成分が除去される（ステップ S 7）。さらに、雑音を除去されたプローブ光 1 1 1 の差周波数信号は信号処理部 1 8 で、そのプローブ光 1 1 1 が反射してきた光ファイバの長手方向における位置情報と反射強度情報から、光ファイバの損失特性が計算されて（ステップ S 8）表示部 1 9 で表示される（ステップ S 9）。

#### 【 0 0 4 3 】

図 7（A）は本発明の実施例を用いて、1 0 G b / s - 4 0 c h - 8 0 0 0 k m システムの光伝送路の光ファイバ監視を、信号光が有る状態つまりインサービス状態で行った結果である。この測定結果（8 0 0 0 k m 付近の拡大図参照）において、OTDR のトレースが減衰している部分は光ファイバに相当し、トレースが急激に立ち上がっている部分は光中継器に相当する。この結果より、8 0 0 0 k m まで良好な OTDR トレースが測定されていることがわかる。

#### 【 0 0 4 4 】

尚、OTDR トレースのレベルが、距離が長くなるに従って、低下しているのは光ファイバ内の非線形光学効果によりプローブ光 1 1 1 の光スペクトルの位相ノイズが増加し、光ヘテロダイン検波方式の検波効率が劣化するためである。

#### 【 0 0 4 5 】

図 7（B）は、従来のように特別な配慮なしに、プローブ光の波長を、光伝送路全長の波長分散が正となる波長領域（光伝送路全長の零分散波長である 1 5 5 0 n m より長波長の領域）の 1 5 6 0 n m に設定して、光ファイバ監視を行った結果である。この結果より OTDR トレースのレベルが急激に低下し、2 0 0 0 k m 以上では雑音に埋もれてしまっていることがわかる。この原因としては、波長分散が正となる領域では非線形光学効果による劣化が著しくなるためと考えられる。

#### 【 0 0 4 6 】

図 8（A），（B）はプローブ光の波長を光伝送路全長の波長分散が負となる

波長と正となる波長に設定した場合の、伝送後のプローブ光スペクトルを計算機シミュレーションした結果である。この結果より、波長分散が正となる波長においては伝送距離が長くなると、光スペクトルの位相ノイズが著しく増加しているのに対して、波長分散が負となる波長においては位相ノイズがほとんど増加していないことがわかる。これは、図 7 (A), (B) の結果と良く一致する結果であることから、光ファイバ監視用のプローブ光の波長を波長分散が負となる領域に設定することは、明らかに有効であることが分かる。

## 【 0 0 4 7 】

次に、上り回線の光中継器を監視する場合について、図 9 のフローチャートを参照しつつ説明する。光中継器を監視する場合、光スイッチ 1 7 が b 側に切換えられ (ステップ S 1 1)、光伝送路監視装置 1 のプローブ光源 1 1 が消灯し、プローブ光源 1 2 が点灯する (ステップ S 1 2)。プローブ光源 1 2 からの発振光は光ファイバカプラ 1 3 で一部が分岐された後、光変調器 1 4 で短パルスのプローブ光 1 2 1 に強度変調される (ステップ S 1 3)。

## 【 0 0 4 8 】

このプローブ光 1 2 1 は波長多重器 5 で異なる複数の波長を持つ信号光源 4 の信号光と合波された後、光伝送路 2 に送出される (ステップ S 1 4)。プローブ光 1 2 1 は光伝送路 2 の光ファイバ 2 1 と光中継器 2 2 により減衰と増幅を繰り返しながら、伝送されていく。

## 【 0 0 4 9 】

この際、信号光とプローブ光 1 2 1 は各光中継器 2 2 の出力部に接続された光ファイバカプラ 2 3 により一部が分岐され、さらに波長選択型反射デバイス 2 4 でプローブ光 1 2 1 のみが反射される。反射されたプローブ光 1 2 1 は再び光ファイバカプラ 2 3 に入力されて、光ファイバカプラ 2 7 を介して下り回線に送出される。下り回線に送出されたプローブ光 1 2 1 は光伝送路を伝送した後、光伝送路監視装置 1 に入力される。

## 【 0 0 5 0 】

さらに、プローブ光 1 2 1 は光スイッチ 1 7 で直接検波方式光受信器 1 6 が選択されて受信される。直接検波方式光受信器 1 6 においては、プローブ光 1 2 1

は波長可変光フィルタ 1 6 1 において他の波長の信号光が除去されてから、受光器 1 6 2 で光電変換される（ステップ S 1 5）。光電変換されたプローブ光 1 2 1 の電気信号は電気アンプ 1 6 3 で増幅され（ステップ S 1 6）、ローパスフィルタ 1 6 4 で雑音成分が除去される（ステップ S 1 7）。さらに、雑音を除去されたプローブ光 1 2 1 の電気信号は信号処理部 1 8 で計算処理されて（ステップ S 1 8）、そのプローブ光 1 2 1 が反射してきた光中継器の位置情報とその出力強度情報が表示部 1 9 で表示される（ステップ S 1 9）。

## 【 0 0 5 1 】

図 1 0 は、本発明の実施例を用いて、1 0 G b / s - 4 0 c h - 8 0 0 0 k m システムの光伝送路の光中継器監視を、信号光が有る状態つまりインサービス状態で行った結果である。図中のピークが各光中継器 2 2 の出力部に取り付けられた波長選択型反射デバイス 2 4 からの反射光のレベルに相当し、各光中継器 2 2 の出力レベルに比例した値を示している。

## 【 0 0 5 2 】

ここで、図中のピークレベルが 8 0 0 0 k m 先まではほぼ一定のレベルになっていることがわかる。これは、光中継器監視には直接検波方式受信器を使用しているため、光ファイバ監視において見られたような非線形光学効果の影響をほとんど受けることなく、安定した測定が可能なことを表している。尚、光中継器監視に直接検波方式が適用できるのは、波長選択型反射デバイスによる反射量が十分に大きいためである。

## 【 0 0 5 3 】

ここで、光中継器の出力が低下する要因としては、光中継器の故障、前段の光ファイバの損失増などが主なものとして考えられる。監視という観点においては、わずかな変化を感度良く検知できることが重要である。図 1 1 は、光中継器に入力される信号光パワーを変えた時の、波長に対する出力の変化を測定した結果である。図 1 1 において、“P nom” は標準レベルを表し、“P nom -10” は標準レベルに対して -1 0 d B 低いレベルを意味し、“P nom +0.5” は標準レベルに対して +0. 5 d B 高いレベルを意味し、他も同様である。

## 【 0 0 5 4 】

図 1 1 より、光中継器への入力される信号光パワーが低下するに従って、信号光波長 1 5 4 5 n m 付近を境に長波長側の利得が低下し、短波長側の利得が増加することがわかる。

## 【 0 0 5 5 】

通常、Cバンドを利用する波長多重光伝送システムの場合、信号光波長としては 1 5 3 5 n m から 1 5 6 5 n m の範囲の波長が使用される。このため、光中継器監視用のプローブ光 1 2 の波長を 1 5 4 5 n m 付近に設定すると、光中継器 2 2 への入力パワーが低下した場合においても、プローブ光 1 2 に対する出力がほとんど変化しないため、その変化を検知することが困難となる。したがって、プローブ光 1 2 の波長としては、入力パワーの変化に対して弁別感度の高い 1 5 5 0 n m よりも長波長に設定すれば良いことは明らかである。

## 【 0 0 5 6 】

光ファイバ伝送路の監視において、伝送路の分散スロープが逆である伝送路に対しては、零分散波長より長波長側（負分散側）にプローブ光の波長を設定するようにする。また、光中継器の監視において、光中継器の出力変動が逆である伝送路に対しては、短波長側にプローブ光の波長を設定するようにする。

## 【 0 0 5 7 】

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、波長多重光伝送路の光ファイバと光中継器監視を、伝送路特性を考慮してそれぞれに異なる波長の O T D R プローブ光で監視をしているため、効果的に監視することが可能となる。即ち、光ファイバを監視する O T D R のプローブ光には、光伝送路の波長分散が負となる波長（通常は光伝送路の零分散波長の短波長側）を割り当てることにより、非線形劣化の影響が少ない監視が可能となる。

## 【 0 0 5 8 】

また、光中継器を監視する O T D R のプローブ光には、1 5 5 0 n m より長波長側の波長を割り当てることにより、中継器出力変動を感度よく監視することができる。

## 【 0 0 5 9 】

光ファイバを監視するOTDRには、光ヘテロダイン検波方式に基づいた光受信部を備えることにより、光中継器を多段接続した光直接増幅伝送路においても、監視信号の検出精度を向上することができ、その結果光ファイバの監視を精度良く実施することができる。光中継器を監視するOTDRには、直接検波方式に基づいた光受信部を備えることにより、伝送路上の偏波、XPM (Cross Phase Modulation) の変動影響が少なく、よって信号光に対する位相影響がなく効果的にインサービス状態での監視が可能となる。

## 【 0 0 6 0 】

また、上り／下り回線でプローブ光の波長をずらすことにより、双方向から同時に伝送路の監視を行えるという効果がある。光信号を中継器増幅帯域の効率がよい帯域に設定し、監視信号光を信号光帯域の外に設定することにより、信号光の伝送特性に与える影響を少なくすることができる。また、監視信号光を信号光帯域の外に設定するため、インサービス状態（信号運用状態）で測定できるという効果がある。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図 1】

本発明の実施例のシステム構成を示すブロック図である。

## 【図 2】

図 1 の光伝送路監視装置の例を示す図である。

## 【図 3】

光伝送路の伝送距離に対する波長分散値を示す図である。

## 【図 4】

光伝送路の高次波長分散により生じた光伝送路全長での波長分散の波長依存特性を示す図である。

## 【図 5】

本発明の実施例における信号光波長及びプローブ光波長の配置例を示す図である。

## 【図 6】

本発明の実施例の光ファイバ監視動作を示すフローチャートである。

【図 7】

(A) は本発明の実施例による光ファイバ監視結果を示す図であり、(B) は従来例による光ファイバ監視結果を示す図である。

【図 8】

(A) , (B) は、プローブ波長を光伝送路全長の波長分散が負となる波長と正となる波長にそれぞれ設定した場合における伝送後のプローブ光スペクトルのシミュレーション結果を示す図である。

【図 9】

本発明の実施例による光中継器監視動作を示すフローチャートである。

【図 1 0】

本発明の実施例による光中継器監視結果を示す図である。

【図 1 1】

光中継器に入力される信号光パワーを変化させた時の波長に対する出力の変化を示す図である。

【符号の説明】

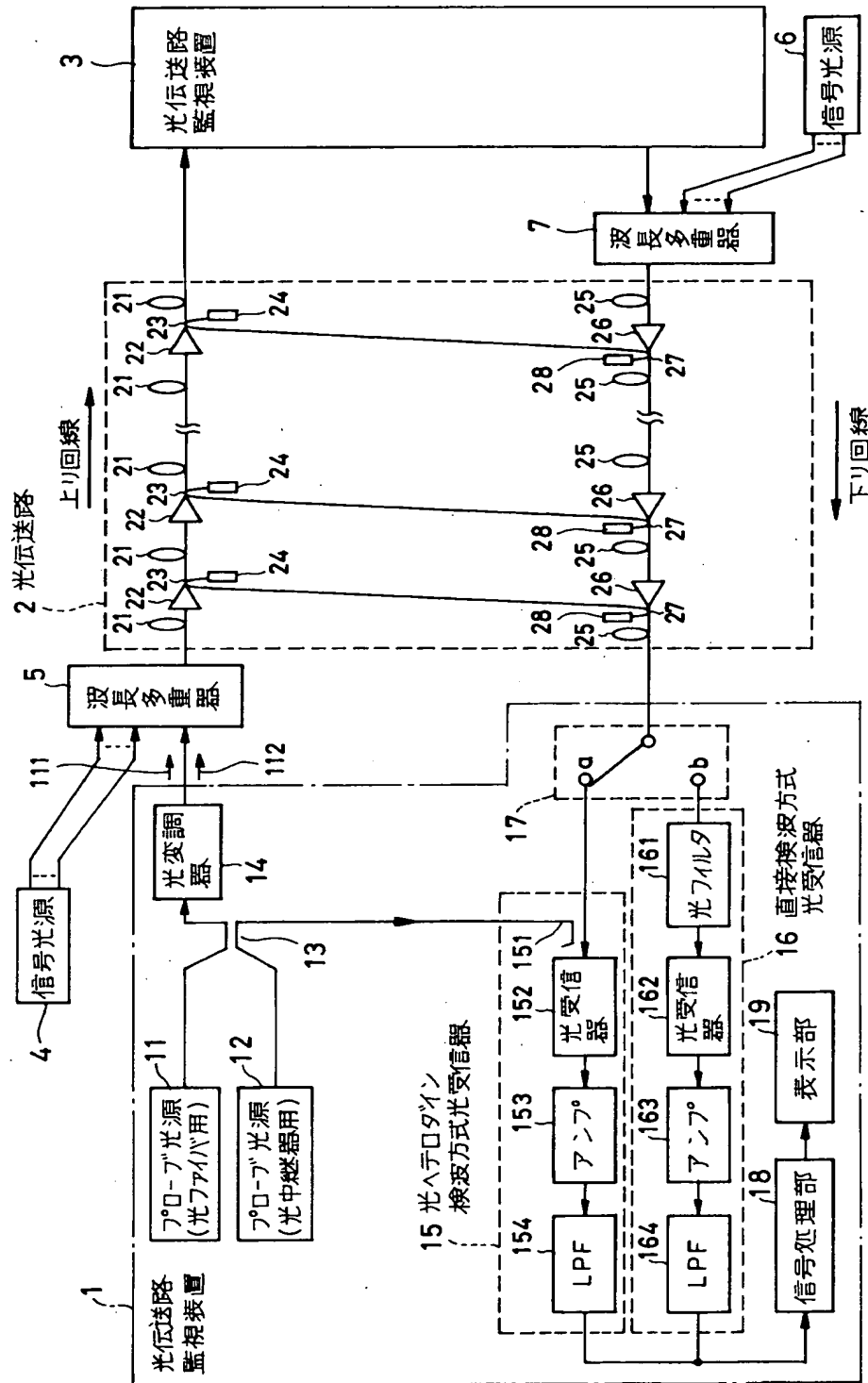
- 1 光伝送路監視装置 (上り)
- 2 光伝送路
- 3 光伝送路監視装置 (下り)
- 4 信号光源 (上り)
- 5 波長多重器 (上り)
- 6 信号光源 (下り)
- 7 波長多重器 (下り)
- 1 1 光ファイバ監視用プローブ光 (上り)
- 1 2 中継器監視用プローブ光 (上り)
- 1 3, 2 3 光ファイバカプラ
- 1 4, 3 4 光変調器
- 1 5, 3 5 光ヘテロダイン検波方式光受信器
- 1 6, 3 6 直接検波方式光受信器
- 1 7, 3 7 光スイッチ

1 8, 3 8	信号処理部
1 9, 3 9	表示部
2 1, 2 5	光ファイバ
2 2, 2 6	光中継器
2 4, 2 8	波長選択型反射デバイス
2 7, 3 3, 1 5 1	光ファイバカプラ
3 1	光ファイバ監視用プローブ光（下り）
3 2	中継器監視用プローブ光（下り）
1 1 1, 1 1 2	プローブ光
1 5 2, 1 6 2, 3 6 2, 3 5 2	光受信器
1 5 3, 1 6 3, 3 5 3, 3 6 3	電気アンプ
1 5 4, 1 6 4, 3 5 4, 3 6 4	ローパスフィルタ
1 6 1, 3 6 1	波長可変光フィルタ

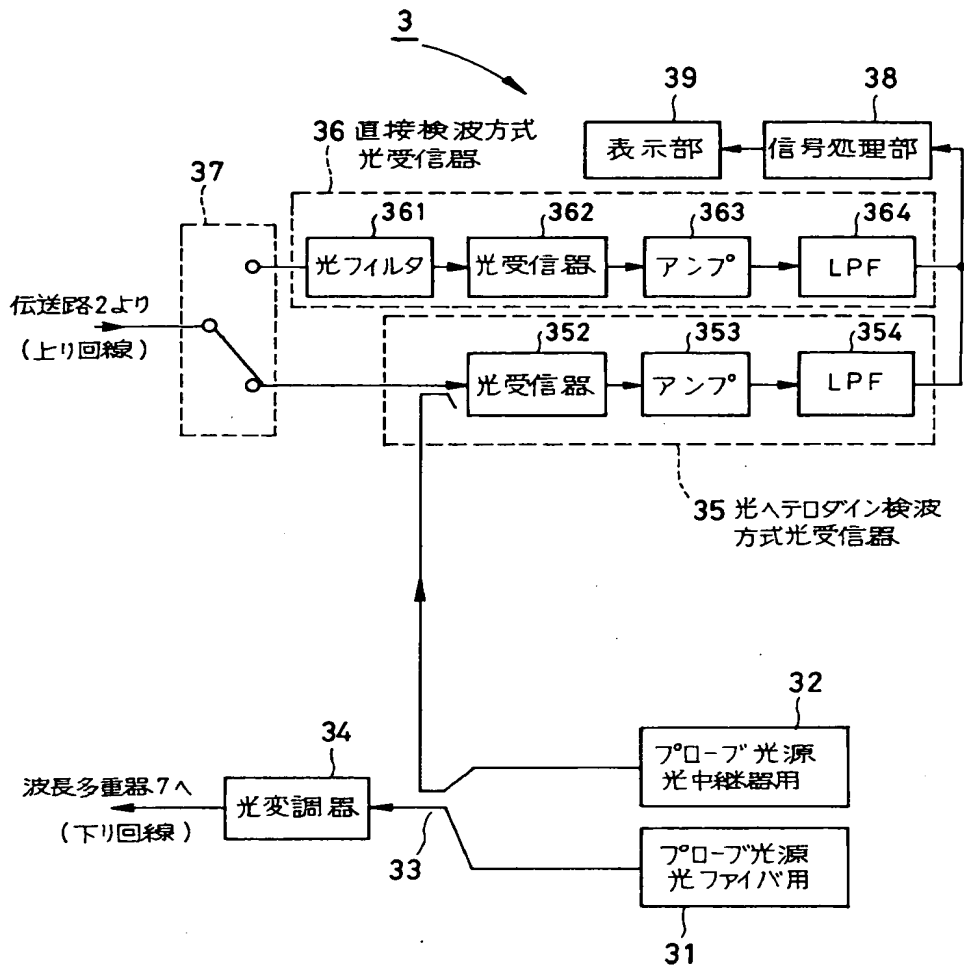


【書類名】 図面

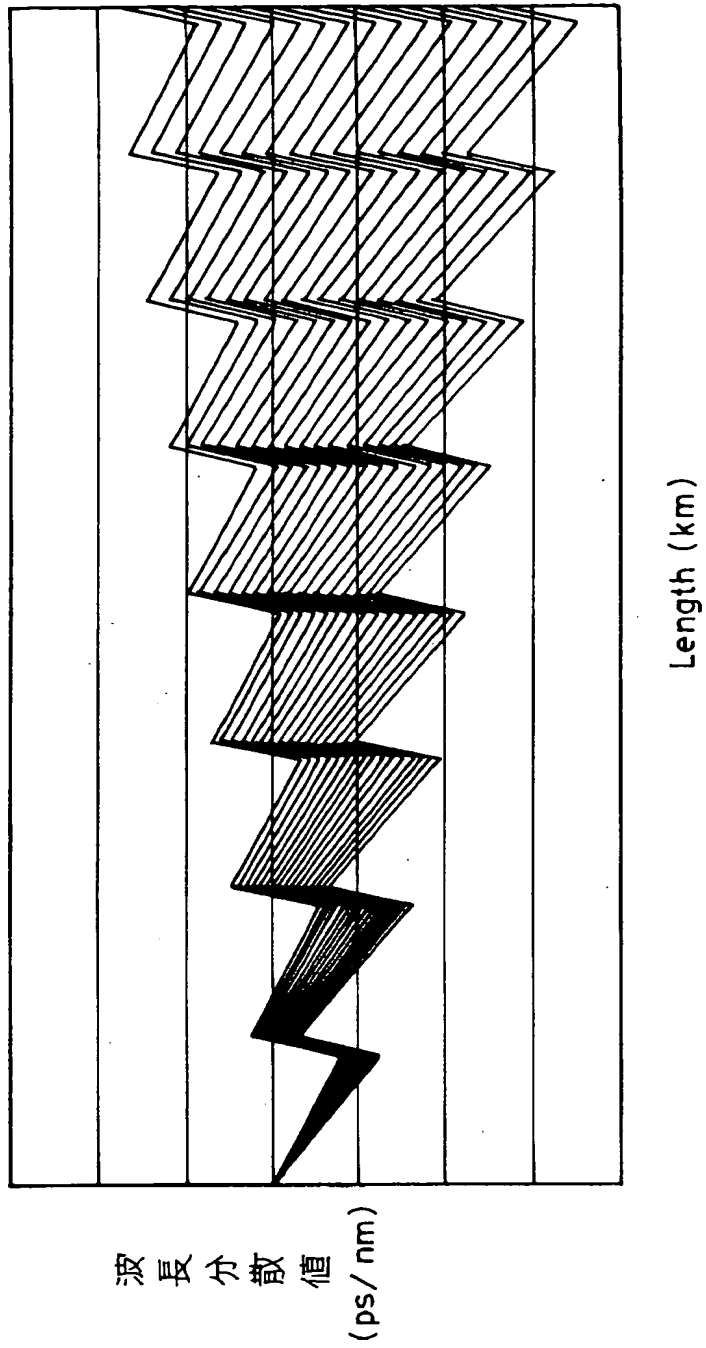
【図 1】



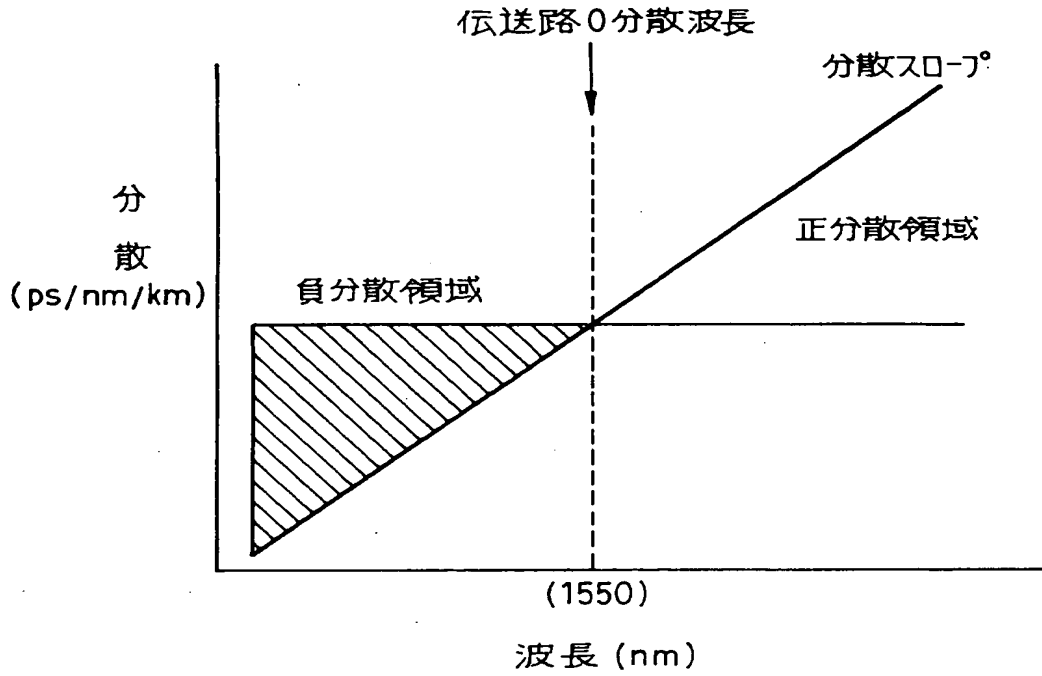
【図2】



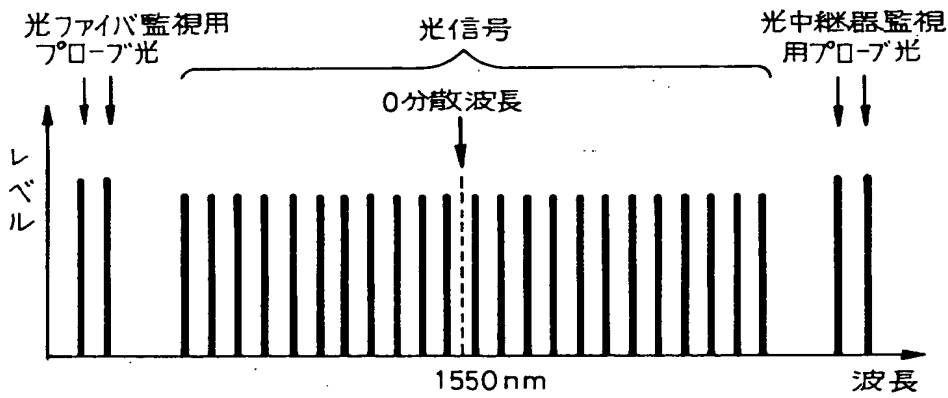
【図 3】



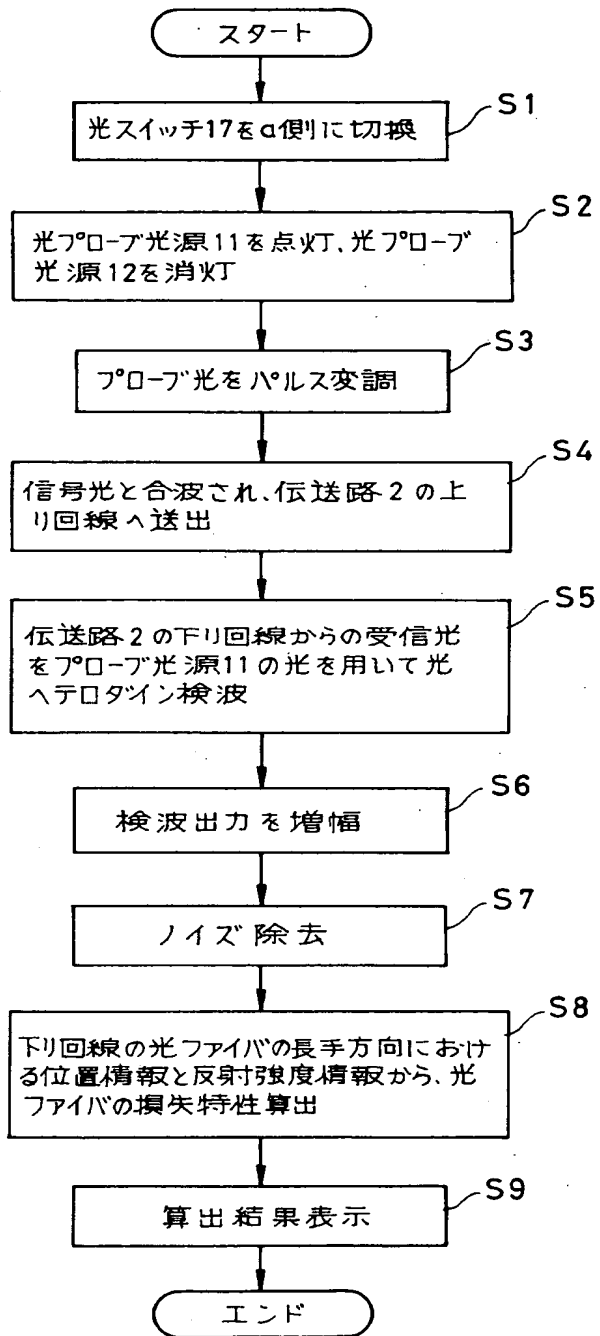
【図 4】



【図 5】

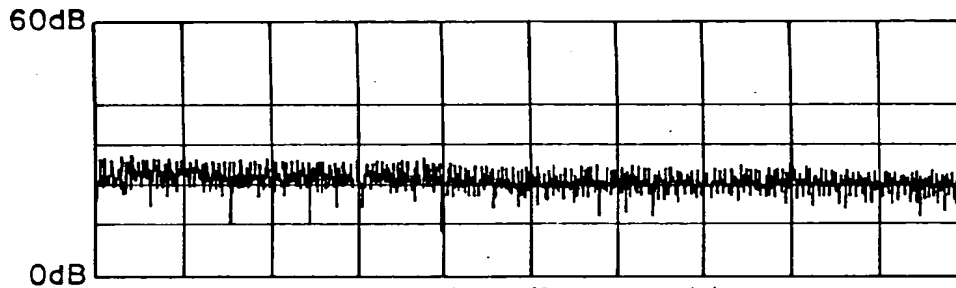


【図6】

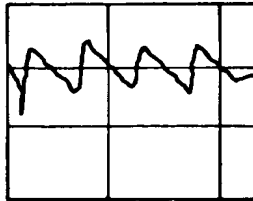


【図 7】

(A)

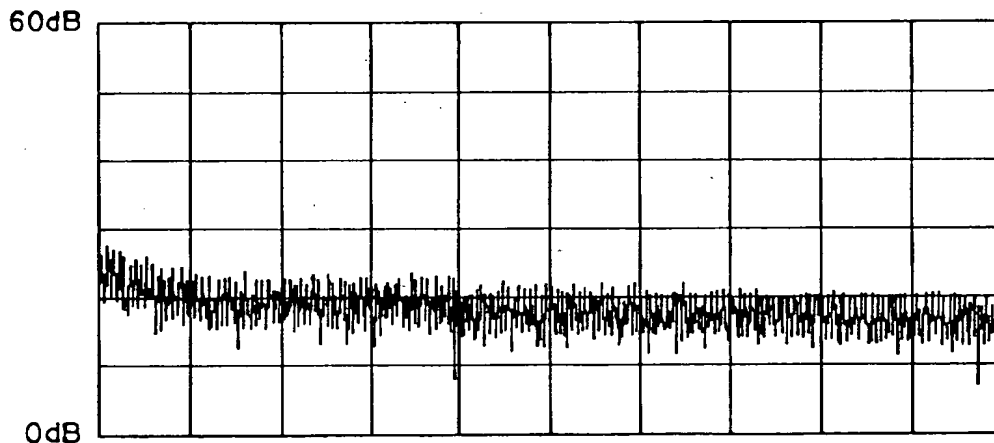


0～8000km 伝送路光ファイバ監視結果 1



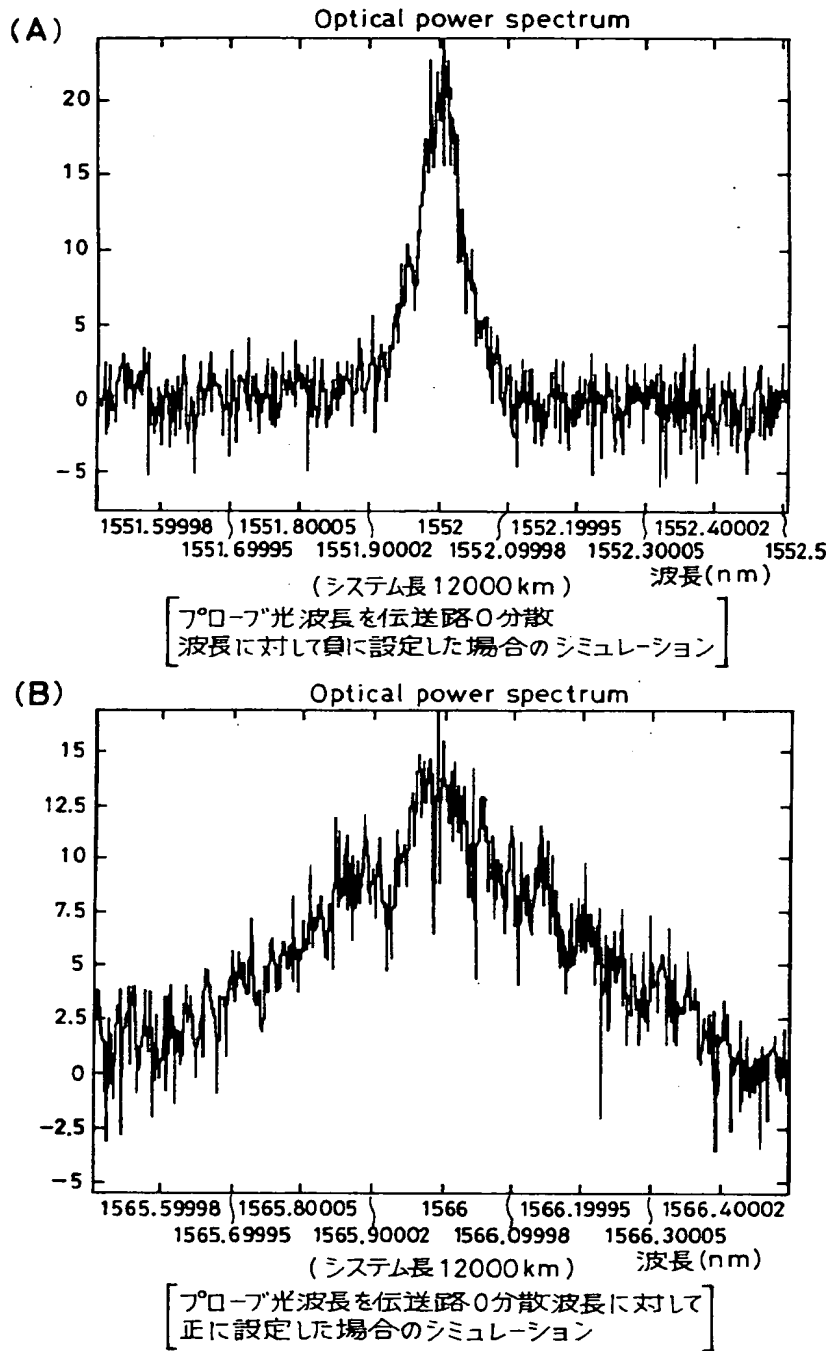
8000km 付近拡大

(B)

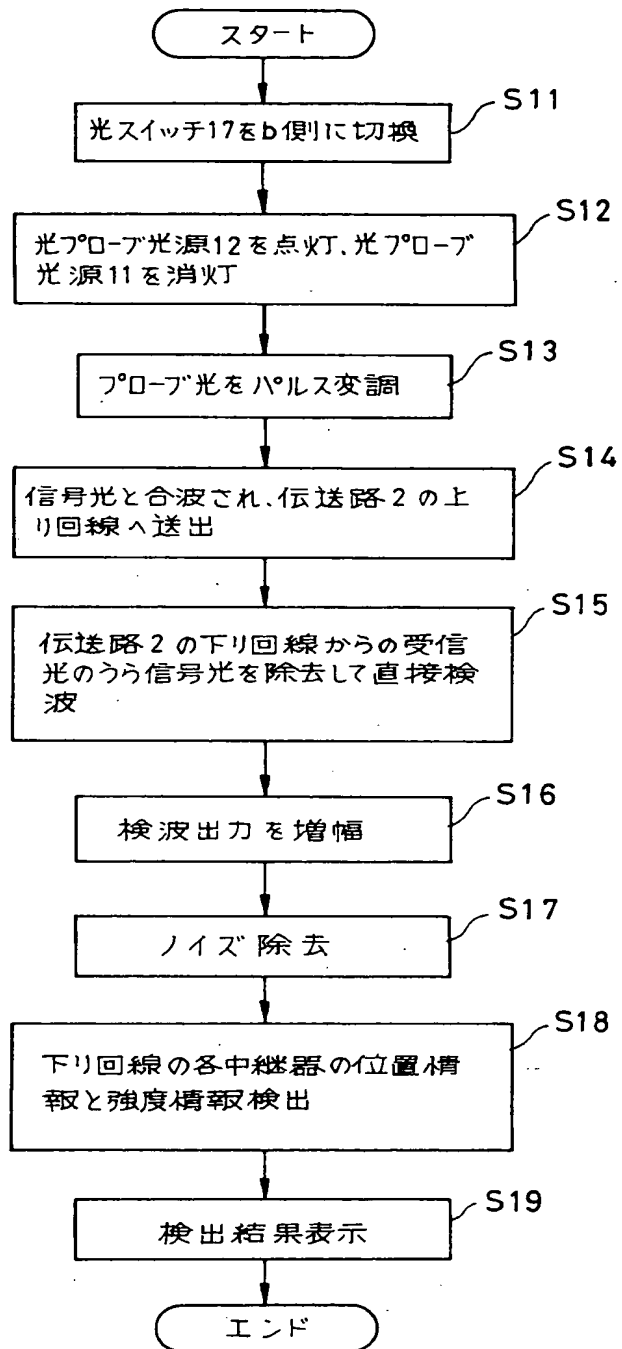


0～8000km 伝送路光ファイバ監視結果 2

【図 8】

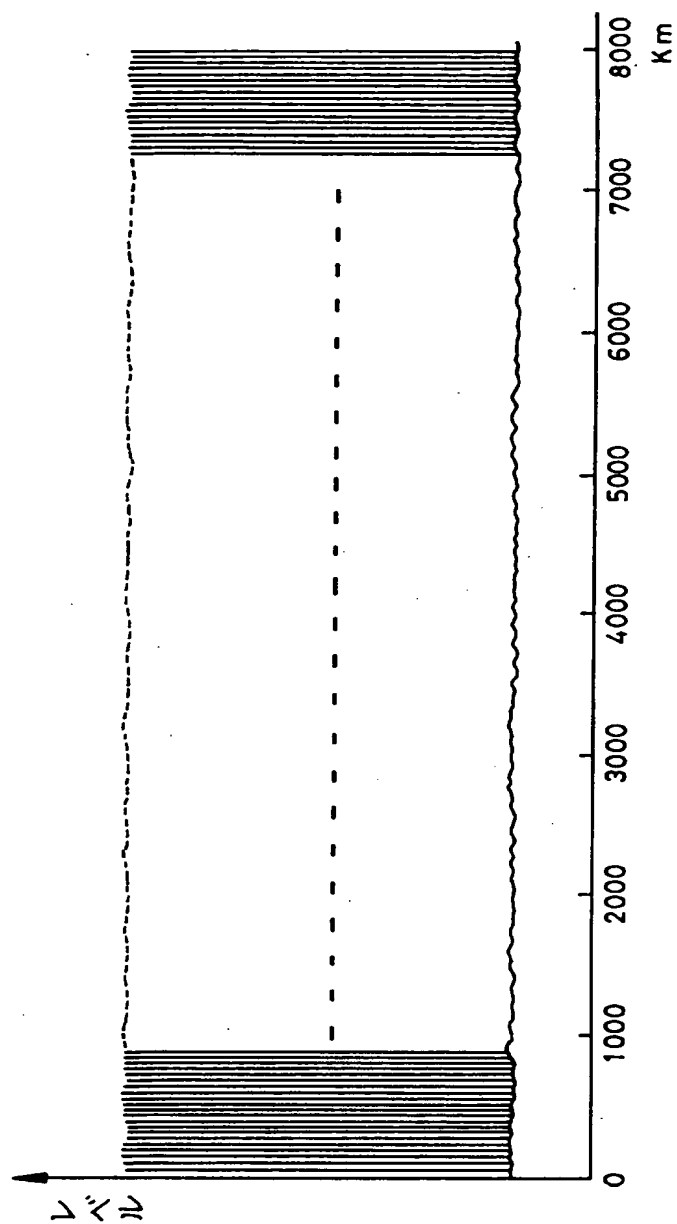


【図9】



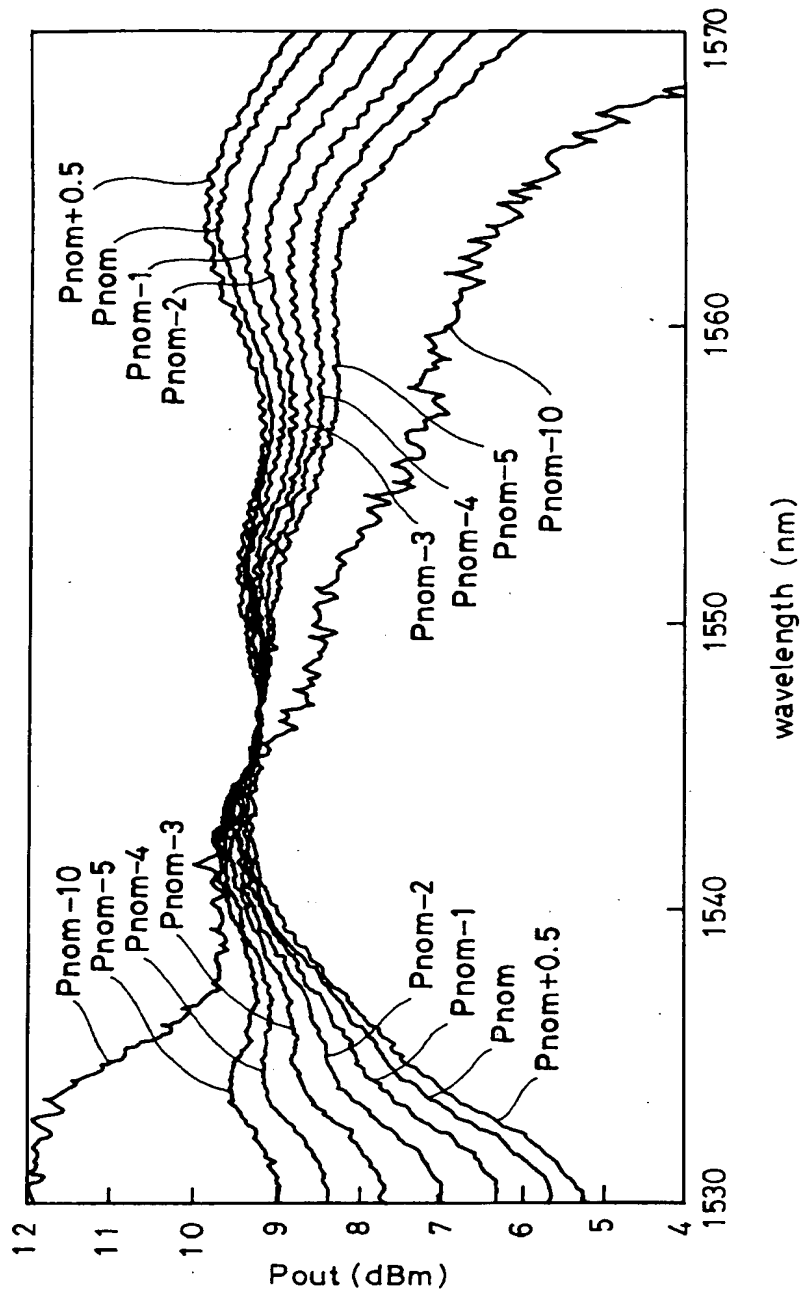


【図 10】



光伝送路の光中継器監視結果例

【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光ファイバと光中継器の監視をそれ等の各伝送路特性を考慮し、互いに異なる波長のOTDRプローブ光を使用しつつ効果的に監視可能とした光伝送路監視システムを得る。

【解決手段】 波長多重光伝送システムの信号光波長と異なる波長を、OTDRのプローブ光に割り当てて、光伝送路を監視する。このとき、光伝送路を構成する要素である光ファイバと光中継器それぞれについて異なる波長のOTDRのプローブ光を割り当てる。更に、上り回線と下り回線で、OTDRのプローブ光に異なる波長に割り当て、光ファイバを監視するOTDRのプローブ光には、光伝送路の波長分散が負となる波長（通常は光伝送路の零分散波長の短波長側）を割り当て、光中継器を監視するOTDRのプローブ光には、1550nmより長波長側の波長を割り当てる。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名	日本電気株式会社